

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日

2002年3月28日 (28.03.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/24982 A1

(51) 国際特許分類: C30B 19/12, C01B 33/02, H01L 21/208, 31/04

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/06760

(22) 国際出願日: 2001年8月6日 (06.08.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ: 特願2000-283036 2000年9月19日 (19.09.2000) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒545-0013 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 Osaka (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 胡間修二 (GOMA, Shuji) [JP/JP]; 〒639-2122 奈良県北葛城郡新

庄町192-1 Nara (JP). 佃 至弘 (TSUKUDA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒583-0023 大阪府藤井寺市藤井寺公園5-506 Osaka (JP). 矢野光三郎 (YANO, Kohzaburoh) [JP/JP]; 〒518-0740 三重県名張市梅が丘北5-198 Mie (JP). 谷口 浩 (TANIGUCHI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒630-8244 奈良県奈良市三条町606-76-2-506 Nara (JP).

(74) 代理人: 野河信太郎 (NOGAWA, Shintaro); 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1-3 南森町パークビル Osaka (JP).

(81) 指定国(国内): AU, BR, CN, HR, HU, IN, KR, US.

(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

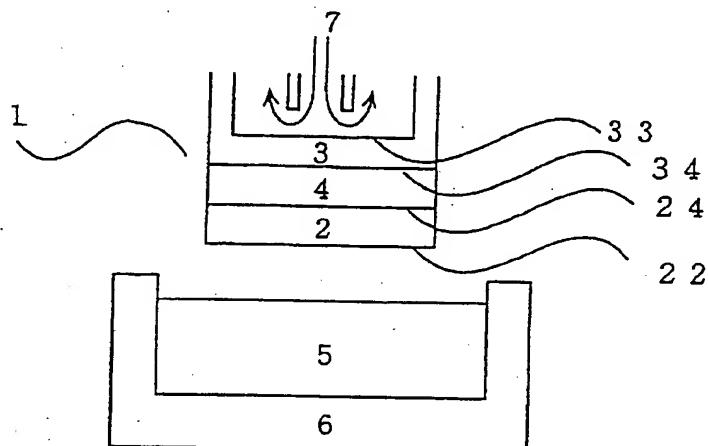
添付公開書類:

— 国際調査報告書.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING CRYSTAL THIN PLATE AND SOLAR CELL COMPRISING CRYSTAL THIN PLATE

(54) 発明の名称: 結晶薄板の製造方法および結晶薄板を用いた太陽電池



WO 02/24982 A1

(57) Abstract: Conventionally, it has been necessary to vary the cooling capacity to control the temperature of the growth face when a crystal thin film is grown, and it has been difficult to greatly vary the rate of flow of cooling water in the case of water cooling. Therefore the system needs to be of large scale and the production cost is high if the rate of flow of cooling gas is greatly varied in the case of gas cooling. According to the invention, the problems are thoroughly solved, and the control of the temperature of the surface from which a crystal thin plate is grown is easily performed, thus producing a crystal thin plate at low cost. Specifically, a multilayer structure base composed of at least two layers one of which is made of a material having a heat conductivity different from that of the material of the other layer is brought into contact with a fusion of a substance from which a crystal containing at least either a metallic material or a semiconductor material can be formed, and the temperature of the base is controlled so as to grow a crystal of a material from which the crystal can be formed on the base, thereby producing a crystal thin plate.

[特許有]



(57) 要約:

結晶薄板を成長させるために必要な、成長面の温度制御を行うために
は、冷却能力を変化させる必要があるが、水冷の場合は冷却水の流量を
大幅に変化させることは困難であり、空冷の場合も冷却ガスの流量を大
幅に変更する場合は装置が大規模、高コストとなる。本発明は、このよ
うな状況を根本的になくして、結晶薄板を成長させる面の温度制御を容
易に行い、低成本な結晶薄板を得ることを目的とする。具体的には、
少なくとも2層からなり、一方の層が他方の層と熱伝導率が異なる材質
からなる多層構造基体を、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくと
もいすれか一つを含有する結晶を形成しうる物質の融液に接触させると
ともに、基体の温度を制御することで、基体表面に前記結晶を形成しう
る物質の結晶を成長させることで前記結晶薄板を得ることができる。

明細書

結晶薄板の製造方法および結晶薄板を用いた太陽電池

5 技術分野

本発明は、金属材料もしくは半導体材料を含む融液から結晶薄板を製造する方法およびこの結晶薄板を用いた太陽電池に関するものである。

従来の技術

10 従来、太陽電池に用いられている多結晶シリコンウエハの作製方法は、例えば特開平6—64913号公報に開示されたシリコンなどの多結晶物体の鋳造方法がある。すなわち、不活性雰囲気中でリンあるいはボロンなどのドーパントを添加した高純度シリコン材料を坩堝中で加熱溶融させる。次いで、このシリコン融液を鋳型に流し込んで徐冷し、多結晶インゴットを得る方法である。このようにして得られた多結晶インゴットから太陽電池用に使用可能な多結晶シリコンウエハを作製する場合には、上記インゴットをワイヤーソーや内周刃法などを用いてスライシングすることになる。

他の方法としては、スライス工程のないシリコン結晶薄板を作製する

20 方法として、特開昭61—275119号公報に開示されたシリコンリボンの製造方法がある。この方法は、内部に水冷もしくは空冷などの冷却手段を持つ円筒型の回転冷却体の一部をシリコン融液に浸漬し、その円筒面に生成するシリコン凝固核を引き出すことにより、シリコンリボンを得る方法である。

25 回転冷却体の構造としては、熱伝導性の良い銅などからなる水冷金属体の外側をセラミックスからなる耐火物で覆った構造である。この方法によると、平衡分配係数が1より小さい不純物元素が溶融シリコン側に排出されることによる精製効果によって、純度が向上したシリコンリボンを引き出すことが可能である。

また、特開平10—29895号公報には、シリコンリボンの製造装置が記載されている。このシリコンリボンの製造装置は、シリコンの加熱溶解部と耐熱材で構成された回転冷却体とで概略構成されている。そして、カーボンネットの一端部が予め巻き付けられた回転冷却体をシリ
5 コン融液に直接接触させることによって、上記回転冷却体の表面にシリコンリボンが形成される。上記形成されたシリコンリボンは、回転冷却体を回転させると同時に、巻き付けられたカーボンネットを引き出すことによって、上記カーボンネットに固着されたシリコンに続くシリコンリボンを連続的に取り出すことができる。

10 これらの方針によると、インゴットをワイヤーソーなどによりスライスしてウエハを得る従来のシリコンウエハの製造法よりも、プロセスコストおよび原料費の双方を低減することができる。また、回転冷却体が、シリコンリボンを強制冷却、引き出しおよび支持するため、引き出し速度を大幅に向上することが可能である。回転冷却体の大きさ、回転数によ
15 りて、引き出し速度は制御可能であるが、一般的に10 cm/分以上で引き出すことが可能である。

しかしながら、上記従来のシリコン板あるいはシリコン薄板を製造する方法や装置には、以下のような問題がある。

特開平6—64913号公報に開示されたシリコンなどの多結晶物体
20 の鋳造法においては、多結晶シリコンインゴットに対するスライス工程が必要となるため、ワイヤーや内周刃の厚み分だけスライスロスが生ずることになる。そのため、全体としての歩留まりが悪くなり、結果として低価格なウエハを提供することが困難となる。

特開昭61—275119号公報に開示されたシリコンリボンの製造
25 方法においては、回転冷却体が水冷もしくは空冷による冷却機構を内蔵するため、回転冷却体は、熱伝導性の良い銅などからなる水冷金属体の外側をセラミックスからなる耐火物で覆った2層構造となる。該金属体は、冷却方式や、シリコンを凝固させるために必要な冷却効率を満足させる熱伝導率などにより、使用できる材質が制限される。特に水冷方式

を使用した場合、冷却水を内部に導通させるため、耐水性や機密性を必要とする。そのため、前記のように使用できる材質が酸化しにくく高強度な金属に制限される。シリコンを成長させる耐火物に関しても、溶融シリコンに直接浸漬し、表面にシリコンリボンを成長させるため、高温で高強度であることが必要である。かつ溶融シリコンおよびシリコンリボンに不純物が拡散することを防ぐことが必要である。そのため、使用できる材質が制限される。このように、回転冷却体の材質が制限されるため、薄板を成長させるために必要な成長面の温度制御を行うためには、冷却能力を変化させる必要がある。

10 しかし、例えば水冷による冷却方式を使用する場合、冷却水の沸騰や高圧による部材破損を防ぐために、冷却水流量を大幅に変更することは困難である。また冷却水による冷却効率が高いために、回転冷却体の温度が必要以上に低温となる。そのため、成長面の温度制御が困難となる。

空冷を用いた場合、冷却ガス流量を大幅に変化させることが可能であり、温度制御は比較的容易である。しかし、融点が1400°C以上である溶融シリコンを凝固させるために必要な冷却能力を満足させるためには、大流量の冷却ガスを必要とする。そのため、冷却ガスや、それに伴う配管、供給手段などのユーティリティが高コスト、大規模となる。

冷却能力を変更せずに、回転冷却体の温度を制御するためには、回転冷却体の厚みを変更することによって制御することが可能である。しかし、例えば温度をより低くする場合、厚みを大幅に薄くする必要があり、回転冷却体の強度が損なわれる。逆に、温度を高くする場合は、厚みを大幅に厚くする必要があり、装置が大規模となる。

特開平10-29895号公報に開示されたシリコン薄板の製造方法においては、回転冷却体は、黒鉛からなる回転冷却体の表面を、高耐熱性・高強度であり、かつ溶融シリコンおよびシリコンリボンに不純物が拡散することを防ぎ、かつシリコンとの濡れ性が悪い窒化ケイ素などで薄く覆った2層構造からなる。表面の1層は回転冷却体に完全に接着されているため、その厚みは非常に薄くても構わない。そのため、回転冷

却体の温度はほとんど黒鉛の熱伝導に起因する。この回転冷却体の材質を変更することによって、回転冷却体の熱伝導率を変化させることは可能であるが、前記と同様に、強度、不純物拡散防止、耐熱性の観点から使用できる材質が制限される。そのため、薄板を成長させるために必要な、成長面の温度制御を行うためには、冷却能力を変化させる必要があるが、前記と同様に、水冷の場合は冷却水を変化させることは困難であり、空冷の場合も冷却ガスを大幅に変更する場合は装置が大規模、高コストとなる。

10 発明の開示

本発明は、このような状況を根本的になくして、結晶薄板を成長させる面の温度制御を容易に行い、低コストな結晶薄板を得ることを目的とし、結晶薄板の製造に使用する基体の厚さおよび／または基体を構成する材質の熱伝導率を検討した結果、それらを調整することで意外にも、15 低コストで高品質な結晶薄板を提供できることを見出し本発明に至った。

かくして、本発明によれば、少なくとも2層からなり、一方の層が他方の層と熱伝導率が異なる材質からなる多層構造基体を、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくともいずれか一つを含有する結晶を形成しうる物質の融液に接触させるとともに、基体の温度を制御することで、20 基体表面に前記結晶を形成しうる物質の結晶を成長させて結晶薄板を得ることを特徴とする結晶薄板の製造方法が提供される。

更に、本発明によれば、上記結晶薄板の方法によって製造された結晶薄板が提供される。

また、本発明によれば、上記結晶薄板を用いて製造された太陽電池が提供される。

図面の簡単な説明

図1は、本発明における第1～3の実施例によるシリコン薄板製造方法を示す図である。

図2は、本発明における作用例によるシリコン薄板製造方法を示す図である。

図3は、本発明における作用例によるシリコン薄板製造方法を示す図である。

5 図4は、本発明における第4の実施例によるシリコン薄板製造方法を示す図である。

図5は、本発明における第5の実施例によるシリコン薄板製造方法を示す図である。

10 図6は、中間層の厚みを変更したときの基体表面の温度を示す図である。

図7は、表面層にカーボン、裏面層にステンレス鋼を用いた場合の、中間層の材質を変更したときの基体表面の温度を示す図である。

図8は、表面層にカーボン、裏面層に銅を用いた場合の、中間層の材質を変更したときの基体表面の温度を示す図である。

15

発明の実施の形態

本発明では、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくともいずれか一方を含有する結晶を形成しうる物質（以下、結晶形成物質）の融液に基体を接触させ、基体表面で結晶を成長させることで薄板を得ることが可能である。このとき、結晶形成物質の融液に接する直前の基体表面の温度を制御することによって、基体表面に生成する結晶核の密度と生成速度、結晶核から成長する結晶の成長速度を制御することが可能であり、
20 しいては結晶性（結晶粒径）や板厚を制御することが可能である。

基体を融液と接触させる方法としては、基体表面（成長面）を結晶形成物質の融液に直接浸漬させる方法や基体表面に結晶形成物質の融液を供給する方法などが考えられる。例として、もっとも単純な方法である、基体表面を重力に対して下方に向け、基体表面が向いている方向（下方）に移動させることで基体表面の直下に位置する結晶形成物質の融液に基体表面を浸漬し、続いてこれを上方向に移動させることで基体を結
25

晶形成物質の融液から取り出す方法について、作用を説明する。

まず、基体が単層構造の場合について、作用を示す。基体1の構造は、図2に示すように、内部に冷却媒体7が通過する経路を設けた直方体3である。冷却媒体7は基体1の裏面33の熱を奪って、基体全体を冷却する。基体の材質は、单一材質であり、基体表面22の温度を変更する方法としては、冷却媒体7の熱を奪う能力を増減させる方法がある。しかし、前記のように、水冷による冷却方式を使用する場合、冷却水流量を大幅に変更することは困難である。一方、空冷を用いた場合、冷却ガス流量を大幅に変化させることは可能であるが、特に基体表面22を低温に冷却するためには、大流量の冷却ガスを必要とするため、冷却ガスや、それに伴う配管、供給手段などのユーティリティが高コスト、大規模となる。

次に、基体の厚み（基体表面22から裏面33までの距離）を変更することによって表面温度を大幅に変更する方法では、基体表面22の温度は厚みにほぼ比例するため、基体の厚みを大幅に変更する必要がある。ところが、基体の厚みは、装置上の問題や強度の問題から大幅に変更することが不可能なことが多いため、基体の厚み変更による温度制御は困難である。基体1の材質を変更して、熱伝導率を変更することによる基体表面の温度の制御方法では、基体の熱伝導率を細かく変更することは不可能である。加えて、結晶形成物質の融液5に浸漬する基体表面22に求められる、耐熱性に優れ、使用圧力に耐えられ、かつ結晶薄板を汚染しないものという要件と、冷却方式による要件、特に水冷方式の場合、使用水圧に耐えられ、かつ耐水性という要件の両方を満たした材質という制限を受けるため、表面の温度制御は困難である。なお、図中6は、25 るつぼを意味する。

次に、基体が2層構造の場合について、作用を示す。図3に示すように、基体1の構造は、内部に冷却媒体7が通過する経路を設けた直方体型の裏面層3に基体表面22（成長面）を構成する材質からなる表面層2を配したものである。裏面層3の材質は、前記のように、冷却方式な

どによって制限される。表面層 2 の材質も、耐熱性や不純物汚染防止の観点から制限を受ける。しかし、この場合は、前記の単層基体の場合とは異なり、2種類の熱伝導率を有する基体 1 を使用することが可能である。表面層 2 と裏面層 3 の熱伝導率のうち、高い方の熱伝導率を k_a 、

5 低い方を k_b とする。もし、表面層 2 と裏面層 3 の厚みに制限がない場合、表面層 2 の厚みは 0 mm～基体の厚みまで変化することができる。このとき、基体の厚みを変更しないとすると、裏面層 3 の厚みは基体の厚み～0 mmまで変化することになる。多層構造の基体全体の見掛けの熱伝導率 K は、各層 i の熱伝導率（ここでは、熱伝導率の温度による変化は無視する）を k_i 、厚みを L_i とすると、

$$1/K = \sum (L_i / k_i) \quad \text{ただし、} \sum L_i = \text{基体の厚み} \dots \dots \text{(数1)}$$

の式にて概算できる。この式が示すように、2層基体の見掛けの熱伝導率は、 $k_b \sim k_a$ の範囲となる。実際は、表面層 2、裏面層 3 とともに、各層の強度や製法によって、厚みに制限を受ける（最小厚み、最大厚み 15 が決められる）ため、基体の見掛けの熱伝導率は、 $k_b \sim k_a$ より狭い範囲となる。しかし、このように、表面層と裏面層の厚みの比率のみを変更することで、基体の厚みを変更しなくても熱伝導率を細かく、大幅に制御することが可能である。図中 23 は、表面層 2 と裏面層 3 の界面を意味する。

20 次に、基体が 3 層以上の多層構造の場合について説明する。図 1 に示すように、基体 1 の構造は、内部に冷却媒体 7 が通過する経路を設けた直方体型の裏面層 3 と基体表面 22（成長面）を構成する材質からなる表面層 2 の間に、中間層 4 を配したものである。裏面層 3 の材質は、前記のように、冷却方式などによって制限される。表面層 2 の材質も、耐熱性や不純物汚染防止の観点から制限を受ける。中間層 4 は、不純物汚染や耐水性などの制限を受けないため、比較的自由に材質を変更し、熱伝導率を変えることが可能である。図中 24 と 34 は、表面層 2 と中間層 4 の界面、中間層 4 と裏面層 3 の界面を意味する。

中間層 4 を 1 層以上の多層構造とする場合、熱伝導率の観点から、全

体を総括した1層の中間層と仮定することが可能である。そのため、多層構造の基体に関しては、表面層2、中間層4、裏面層3を含む3層構造の作用を説明する。前記と同様に、表面層2と裏面層3の熱伝導率のうち、高い方の熱伝導率を k_a 、低い方を k_b とする。多層中間層の全体の熱伝導率は、(数1)の式にて概算できるため、中間層4の層数によらず、中間層の熱伝導率を k_c とする。多層中間層4のうち少なくとも1層が、表面層2および裏面層3の両方の熱伝導率以上の値である場合、各層の厚みを適切に決定することで、(数1)から計算できるように、中間層4の全体の熱伝導率 k_c を k_a 以上とすることが可能である。

5 同様に、多層中間層4のうち少なくとも1層が、表面層2および裏面層3の両方の熱伝導率以下の値である場合、(数1)から計算できるように、 k_c を k_b 以下とすることが可能である。また、表面層2に接している中間層3に熱伝導率が高い材質を配することは、表面層2の熱伝導率が低い場合に起こりやすい基体表面22の面内温度分布を低減する効果もある。

10

中間層4の熱伝導率 k_c が、表面層2の熱伝導率と裏面層3の熱伝導率の間の値である場合 ($k_b < k_c < k_a$)、各層の厚みを変化させない場合でも、中間層の熱伝導率 k_c (つまり、中間層の材質) を上記範囲内で変更するだけで、基体全体の熱伝導率を $k_b \sim k_a$ の範囲内で微20調整することが可能である。

中間層4の熱伝導率 k_c が、表面層2および裏面層3の両方の熱伝導率以上の値である場合 ($k_a < k_c$)、各層の厚みを変化させたときの基体全体の熱伝導率は $k_b \sim k_c$ の範囲となり、2層構造では実現不可能な範囲 (k_b 以下および k_a 以上) の熱伝導率を、3層構造を用いる25ことによって実現することが可能となる。

中間層4の熱伝導率 k_c が、表面層2および裏面層3の両方の熱伝導率以下の値である場合 ($k_b > k_c$)、各層の厚みを変化させたときの基体全体の熱伝導率は $k_c \sim k_a$ の範囲となり、2層構造では実現不可能な範囲 (k_b 以下および k_a 以上) の熱伝導率を、3層構造を用いる

ことによって実現することが可能となる。

基体表面 22 に結晶形成物質の融液 5 を接触させて結晶薄板を成長させる場合、結晶形成物質の融液に接する直前の基体表面 22 の温度を制御することによって、基体表面 22 に生成する結晶核の密度と生成速度、

5 結晶核からの成長する結晶の成長速度を制御することが可能である。基体表面の温度を結晶形成物質の融点に比べて非常に低く設定した場合、基体表面に生成する結晶核の密度と結晶の成長速度は増加する。そのため、結晶薄板の板厚は、基体表面の温度を低くするに従い、厚くなる。

基体表面の温度を結晶形成物質の融点近傍付近の高温に設定した場合、

10 基体表面に生成する結晶核の密度と結晶の成長速度は減少する。そのため、結晶薄板の板厚は、基体表面の温度を高くするに従い、薄くなる。ただし、全面成長しにくくなり、基体 1 と融液 5 が化学反応を起こしやすくなる。基体の材質、融液との濡れ性、結晶形成物質の種類によって温度条件は異なるが、結晶核が生成する速度と、結晶核から結晶が成長

15 する速度のどちらが速いかによって、結晶粒の粒径を制御することが可能である。つまり、前記のように、基体を多層構造とすること、各層の厚みを変更すること、各層の材質を変更することで、基体表面の温度を制御することによって、結晶性（結晶粒の粒径）、板厚を制御できるため、目的に応じた薄板を容易に得ることが可能である。

20 特に、前記方法を用いて、シリコン薄板を取り出し、多結晶太陽電池を製造する場合、シリコン薄板の板厚は薄く、結晶粒径は大きい方が、太陽電池の光電変換効率が増加するため、望ましい。この場合、基体の厚みや表面層の材質を変更しなくても、裏面層、中間層の材質を変更することで、目的のシリコン薄板を得ることができ、太陽電池の変換効率

25 を向上することが可能である。

実施例

本発明を実施例により説明するが、本発明は、これにより限定されない。本実施例では、結晶形成物質の融液を基体表面に接触させることにより、結晶形成物質の単結晶もしくは多結晶薄板を製造することが可能

である。結晶形成物質の融液には、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム、ひ素、インジウム、リン、硼素、アンチモン、亜鉛、すずなどの半導体材料を含む。または、アルミニウム、ニッケル、鉄など金属材料を含む融液も使用することができる。これら結晶形成物質は、2種以上混合してもよい。本実施例では、シリコン融液からシリコン多結晶薄板の製造を行った。

(実施例 1)

実施例 1 は、図 1 に示すように、基体表面 22 を重力に対して下方に向け、基体表面 22 が向いている方向（下方向）に基体 1 を移動させる 10 ことで基体表面 22 直下に位置するシリコン融液 5 に基体表面 22 を浸漬し、続いてこれを上方向に移動させることで結晶薄板が形成された基体表面 22 をシリコン融液から取り出す方法である。

本実施例では、基体の温度制御は、冷却水（冷却媒体）を循環して基体の裏面の熱を奪うことで冷却する水冷方式を使用しているが、冷却媒体は気体とすることも可能である。

基体 1 の構造は、3層構造とするが、中間層 4 を表面層 2 もしくは裏面層 3 と一体化し材質を等しくすることで2層構造の検討を行うことが可能である。

本実施例では、（1）表面層および裏面層の両方より低い熱伝導率を有する中間層を持つ3層基体、（2）表面層と裏面層のうち熱伝導率が小さい方の層と中間層が一体化された2層基体、（3）表面層と裏面層のうち熱伝導率が大きい方の層と中間層が一体化された2層基体、（4）表面層および裏面層の両方より高い熱伝導率を有する中間層を持つ3層基体、の4条件の基体 1 を用意し、シリコン薄板（結晶薄板）を成長させた。基体 1 全体の熱伝導率は、（1）が最も低く、（4）が最も高い。表面層 2、中間層 4、裏面層 3 の厚みはそれぞれ、10 mm、5 mm、10 mm とした。

（1）～（4）を通して、表面層 2 は、材質としては耐熱性に優れ、使用圧力に耐えられ、かつシリコン薄板を汚染しないものとして、カーボ

ボンやセラミックス（炭化ケイ素、窒化ホウ素、窒化ケイ素、ホウ化ケイ素、石英、アルミナなどの炭化物、酸化物、窒化物、ホウ化物）、高融点金属（ニッケル、白金、モリブデンなどを少なくとも1種類以上含む金属）が望まれる。また、これらに高融点材料の薄膜を被覆した表面層も使用可能であるが、薄膜の膜厚は表面層厚みに対して充分薄いため、熱伝導率に関しては無視することが可能である。本実施例ではカーボンを用いた。裏面層3は、冷却水が蒸発することを防ぐために圧力をかけて冷却水を循環させること、基体をシリコン融液に浸漬し、取り出す動作を行う必要があることなどから、強度、耐水性が強い材質として、ステンレス鋼や銅などの材質が望まれる。本実施例では、表1の(1)～(4)を通して、裏面層3に熱伝導率は低いが強度が高いステンレス鋼を使用した場合と、熱伝導率の高い銅を使用した場合の2通りについて検討した。

中間層4は、材質を変更することで様々な熱伝導率を選択することが可能である。本実施例では、(2)の場合、中間層は、表面層がカーボンで中間層がステンレス鋼の場合は裏面層（ステンレス鋼）と、裏面層が銅で中間層がカーボンの場合は表面層（カーボン）と一体化されている。(3)の場合、中間層は、裏面層がステンレス鋼で中間層がカーボンの場合は表面層（カーボン）と、表面層がカーボンで中間層が銅の場合は裏面層（銅）と一体化されている。(1)の場合、カーボン、ステンレス鋼および銅より熱伝導率の低い石英を中間層の材質とした。(4)の場合、裏面層がステンレス鋼で表面層がカーボン場合はカーボンおよびステンレス鋼より熱伝導率の高いアルミニウムを、裏面層が銅で表面層がカーボンの場合はカーボンおよび銅より熱伝導率の高い銀を中間層の材質とした。このように各層の材質を設定することで、基体全体の熱伝導率は、(1)から(4)の順に高くなる。

表1

	裏面層がステンレス鋼の場合 の、基体構造			裏面層が銅の場合の、基体構 造		
	表面層 の材質	中間層 の材質	裏面層 の材質	表面層 の材質	中間層 の材質	裏面層 の材質
(1)	カーボン	石英	ステンレス鋼	カーボン	石英	銅
(2)	カーボン	ステンレス鋼	ステンレス鋼	カーボン	カーボン	銅
(3)	カーボン	カーボン	ステンレス鋼	カーボン	銅	銅
(4)	カーボン	アルミニウム	ステンレス鋼	カーボン	銀	銅

表1は本発明における実施例1によるシリコン薄板製造方法の基体表面層、中間層、裏面層の材質を示す。これら組み合わせ以外に上記表面層の材質、裏面層の材質、中間層の材質の各種組み合わせが可能である。

多層構造の基体の各層を接続、一体化する方法としては、例えばネジなどで固定するなど、機械的に接続する方法が考えられる。基体全体の熱伝導率を低下させたい場合、各層界面に凹凸加工、溝加工をすることにより、各層同士の接触面積を減少させることが望ましい。この場合、各層界面に空隙ができるにより、各層間の熱伝達が減少することによって、基体全体の熱伝導率を低下させることが可能である。基体全体の熱伝導率を向上させたい場合、各層界面はなるべく平坦とし、各層同士の接触面積を増大させることが望ましい。さらに、各層間の熱伝達を向上させる方法としては、基体を多層構造に積み重ねた後、熱を加えるなどの方法で、各層を化学的に接続する方法が望ましい。本実施例では、

基体の側面に一体化用の接続部を設け、ネジによって各層を接続した(図示せず)。

基体表面22の形状は、平面や曲面、点や線状、平面状の頂点を持つ溝加工された面など、目的に応じた形状とすることが可能であるが、本実施例では平面とした。

基体表面直下に、るっぽ6と、るっぽ6のまわりにシリコンを溶融する加熱ヒーターを配する。これらは直方体の装置外壁および断熱材の中に収納されている(図示せず)。装置内部は、断熱材に囲まれて、内部をアルゴンガス雰囲気下に保持可能にシールされている。

10 ヒーターによってるっぽ6を加熱し、るっぽ6内のシリコンを溶融した後、基体1をシリコン融液5直上に保持し安定させた後、基体表面22に設置した熱電対(図示せず)を用いて基体表面の温度を測定した。

表2

	裏面層にステンレス鋼を使用したときのシリコン薄板の評価結果			裏面層に銅を使用したときのシリコン薄板の評価結果		
	基体表面の温度(°C)	薄板の板厚(μm)	薄板の結晶粒径(m m)	基体表面の温度(°C)	薄板の板厚(μm)	薄板の結晶粒径(m m)
(1)	1022	235	0.87	851	419	1.80
(2)	942	325	1.52	403	897	1.43
(3)	857	418	1.73	340	968	1.02
(4)	842	428	1.88	337	970	1.04

15

表2は、本発明における実施例1によるシリコン薄板製造時の基体表面の温度、製造されたシリコン薄板の板厚と結晶粒径を示している。基体表面の温度は、熱電対による測定結果である。裏面層にステンレス鋼

および銅を使用した場合の(2)と(3)の表面温度の差は、それぞれ約85°Cおよび約65°Cであり、2層構造においても熱伝導率を変化させることが可能となる。また、表面層と裏面層の厚みの比率を変化させることで、表面温度を制御できる。本実施例では、2層構造に関しては、

5 表面層、裏面層の厚みは10mmの幅で変化させたが、さらに大きく変化させることで、前記より広い範囲で制御することが可能である。次に、裏面層にステンレス鋼および銅を使用した場合の(1)と(4)の表面温度の差は、それぞれ約180°Cおよび約515°Cであり、3層構造にすることで熱伝導率をさらに大きく変化させることが可能となり、表面

10 温度を広範囲で制御できる。本実施例では、表面層、中間層、裏面層の厚みは固定であるが、これらを変化させることによって、基体の厚みを変化させない場合でも、2層構造に比べてさらに広い範囲で表面温度を制御することが可能である。

次に、熱電対を設置していない基体1をシリコン融液5直上に保持し

15 安定させた後、シリコン融液に20mm浸漬し、直後に引き上げることで、シリコン薄板を成長させた。雰囲気の温度が室温まで下がるのを待ち、シリコン薄板を取り出した後、薄板の板厚を測定した。続いて、アルカリエッチングによって薄板の結晶粒界を画像化し、薄板の結晶粒の平均粒径を測定した。

20 表2に示すように、薄板の板厚は表面温度が低くなるに従い、厚くなる。結晶粒径は、結晶核の生成速度と結晶成長速度との兼ね合いによって決まるため、最大結晶粒径をとる表面温度の最適値が存在するが、裏面層にステンレス鋼を用いた場合は、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて大きく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。裏面層に銅を用いた場合においては、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて小さく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。本実施例においては、連続製造のための複雑な基体移動機構や薄板の大面積化は考慮していないが、量産化を検討する場合は、

基体により強い強度を要求する必要が生じる可能性が大きく、熱伝導率が小さいステンレス鋼を使用する必要も考えられる。

本実施例ではシリコン薄板の製造を行ったが、シリコン以外の結晶形成物質の薄板を製造する場合、物質によって融液の融点、雰囲気の温度、

5 表面温度、表面温度と薄板の板厚、結晶粒径の関係は異なる。そのため、本実施例のように、表面温度の制御範囲が広範囲化されたことにより、様々な結晶形成物質の薄板に対して、目的に合わせた板厚、結晶粒径を得ることが可能となった。

(実施例 2)

10 実施例 2 も、実施例 1 と同様に、図 1 に示すように、基体表面 22 を重力に対して下方に向け、基体表面 22 が向いている方向（下方向）に基体 1 を移動させることで基体表面 22 直下に位置するシリコン融液 5 に基体表面 22 を浸漬し、続いてこれを上方向に移動させることで結晶薄板が形成された基体表面 22 をシリコン融液から取り出す方法について説明する。

15 実施例 1 においては、表面層、中間層、裏面層の厚みがそれぞれ 10 mm、5 mm、10 mm の場合について説明したが、本実施例では、基体全体の厚みを 25 mm で固定し、中間層の厚みを変化させた場合について説明する。基体の温度制御は、冷却水（冷却媒体）を循環しつつ基体の裏面の熱を奪うことで冷却する水冷方式を使用しているが、冷却媒体は気体とすることも可能である。

20 本実施例では、実施例 1 と同様に、（1）表面層および裏面層の両方より低い熱伝導率を有する中間層を持つ 3 層基体、（2）中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が小さい方の層と中間層が一体化された 2 層基体、（3）中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が大きい方の層と中間層が一体化された 2 層基体、（4）表面層および裏面層の両方より高い熱伝導率を有する中間層を持つ 3 層基体、の 4 条件の基体 1 を用意し（表 1 参照）、シリコン薄板を成長させた。中間層 4 の厚みは、1 mm～15 mm の範囲で 2 mm ずつ変化させた。表面層と裏面層の厚みは、

どちらも 25 mm から中間層厚みを引いた値の半分とし、基体全体の厚み（表面層、中間層、裏面層の厚みの和）を 25 mm 固定とした。（1）～（4）を通して、表面層 2 の材質はカーボンとした。裏面層 3 の材質はステンレス鋼とした。中間層 4 は、（2）の場合は裏面層と、（3）5 の場合は表面層と一体化されている。（1）の場合は石英を、（4）の場合はアルミニウムを、中間層の材質とした。基体表面の形状は、平面 22 とした。本実施例では、ネジによって各層を接続した。

基体表面 22 直上に、るつぼ 6 と、るつぼ 6 のまわりにシリコンを溶融する加熱ヒーターを配する。これらは立方体の装置外壁および断熱材 10 の中に収納されている（図示せず）。装置内部は、断熱材に囲まれて、内部をアルゴンガス雰囲気下に保持可能にシールされている。

ヒーターによってるつぼ 6 を加熱し、るつぼ 6 内のシリコンを溶融した後、基体 1 を回転させながら安定させた後、基体表面 22 に設置した熱電対（図示せず）を用いて基体表面 22 の温度を測定した。

15 図 6 は、（1）～（4）の中間層厚みを変化させた場合の基体表面の温度である。（2）および（3）の場合が、2 層構造の基体の表面層／裏面層の厚みを変化させた場合である。（2）のように中間層にカーボンを用いた場合（2 層構造において、表面層比率が裏面層に比べて高い場合）の中間層厚み 15 mm の表面温度は約 725°C であり、中間層厚み 1 mm で約 885°C である。（3）のように中間層にステンレス鋼を用いた場合（2 層構造において、表面層比率が裏面層に比べて低い場合）の中間層厚み 1 mm の表面温度は約 900°C であり、中間層厚み 15 mm で約 1000°C である。つまり、2 層構造において、表面層および裏面層の最低厚みを 5 mm とした場合、表面層と裏面層の厚みの比率を変化することで、約 725°C から約 1000°C の範囲で調整することが可能である。

また、（1）のように、中間層に熱伝導率の低い材質を用いた場合の、中間層厚みを変化させた場合の基体表面の温度は約 925°C から約 1165°C の範囲で調整が可能である。（4）のように、中間層に熱伝導率

の高い材質を用いた場合の、中間層厚みを変化させた場合の基体表面の温度は約 675°C から約 885°C の範囲で調整が可能である。つまり、3 層以上の多層構造とすることで、基体表面の温度を約 675°C から約 1165°C と、2 層構造に比べてより広い範囲を、調整することが可能 5 である。

(実施例 3)

実施例 3 も、実施例 1 と同様に、図 1 に示すように、基体表面 22 を重力に対して下方に向け、基体表面 22 が向いている方向（下方向）に基体 1 を移動させることで基体表面 22 直下に位置するシリコン融液 5 10 に基体表面 22 を浸漬し、続いてこれを上方向に移動させることで結晶薄板が形成された基体表面 22 をシリコン融液から取り出す方法について説明する。

実施例 1 においては、中間層 4 の熱伝導率が、表面層 2 および裏面層 3 の熱伝導率以上／以下の場合について説明したが、本実施例では、中間層 4 の熱伝導率を、表面層 2 および裏面層 3 の熱伝導率のうち大きい方 (k_a) 以下であり、かつ、小さい方 (k_b) 以上の場合、つまり、 $k_b \leq$ 中間層の熱伝導率 $\leq k_a$ の場合について説明する。基体の温度制御は、冷却水（冷却媒体）を循環しつつ基体の裏面の熱を奪うことで冷却する水冷方式を使用しているが、冷却媒体は気体とすることも可能で 20 ある。

基体 1 の構造は、3 層構造とする。本実施例では、表面層の材質をカーボンとし、裏面層の材質を銅もしくはステンレス鋼とした。表面層 2、中間層 4、裏面層 3 の厚みはそれぞれ、10 mm、5 mm、10 mm とした。

25 中間層の材質は、使用条件において融解、軟化しないこと以外の制限は無いため、使用温度範囲内で固体であればどのような材質であっても使用可能である。例えば、Ti、Zr、Sb、B、Pt、Fe、Ni、Co、Zn、Mo、Si、Mg、W、Be、Al、Auなどの固体、もしくは、これらを少なくとも 1 種類以上含む化合物、セラミックス、金

属、樹脂などが使用可能である。

本実施例では、裏面層にステンレス鋼を使用した場合の中間層に、カーボンとステンレス鋼の間の熱伝導率を持つTi、Zr、Nb、B、Pt、Fe、Ni、Co、裏面層に銅を用いた場合の中間層に、カーボン

5 と銅の間の熱伝導率を持つZn、Mo、Si、Mg、W、Be、Al、Auを使用した。本実施例では、基体の側面に一体化用の接続部を設け、ネジによって各層を接続した。基体表面22の形状は平面とした。

基体表面直下に、るつぼ6と、るつぼ6のまわりにシリコンを溶融する加熱ヒーターを配する。これらは直方体の装置外壁および断熱材の中
10 に収納されている（図示せず）。装置内部は、断熱材に囲まれて、内部をアルゴンガス雰囲気下に保持可能にシールされている。

ヒーターによるるつぼ6を加熱し、るつぼ6内のシリコンを溶融した後、基体1をシリコン融液5直上に保持し安定させた後、基体表面22に設置した熱電対（図示せず）を用いて基体表面の温度を測定した。

15 図7は、裏面層にステンレス鋼を用いた場合の、熱電対による基体表面の温度の測定結果である。例えば、裏面層の厚みを10mmと固定した場合、2層構造の場合は中間層がカーボン（C）の場合と等しくなり、表面温度は約850°Cである。表面層を10mmと固定した場合、2層構造の場合は中間層がステンレス鋼（SUS）の場合と等しくなり、表面温度は約940°Cである。基体全体の厚みを変更せずに、基体表面の温度を850°C～940°Cの範囲で細かく設定しようとすると、表面層と裏面層の厚みを両方とも変化させる必要があるが、結晶薄板を成長させる表面層や、可動部や冷却媒体通路と一体化されている裏面層の厚みを変更することは困難な場合が多い。そこで、表面層と裏面層の厚みを変化させず、中間層の材質だけを変化させた場合、基体表面の温度は850°C～940°Cの範囲で微調整可能であることがわかった。

20 図8は、裏面層に銅を用いた場合の、熱電対による基体表面の温度の測定結果である。例えば、裏面層の厚みを10mmと固定した場合、2層構造の場合は中間層がカーボン（C）の場合と等しくなり、表面温度

は約400°Cである。表面層を10mmと固定した場合、2層構造の場合は中間層が銅(Cu)の場合と等しくなり、表面温度は約330°Cである。前記と同様、表面層と裏面層の厚みを変化させず、中間層の材質だけを変化させた場合、基体表面の温度は330°C~400°Cの範囲で微調整可能であることがわかった。

5 (実施例4)

実施例4の方法は、図4に示すように、内部に冷却媒体7が通過する中空円筒型の3層基体1を回転させ、基体表面に直接シリコン融液5を流し込むことによって、基体表面22にシリコン薄板を成長させる方法10である。

本実施例では、実施例1と同様に、水冷方式を使用した。

本実施例では、実施例1と同様に、(1)表面層および裏面層の両方より低い熱伝導率を有する中間層を持つ3層基体、(2)中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が小さい方の層と中間層が一体化された2層基体、(3)中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が大きい方の層と中間層が一体化された2層基体、(4)表面層および裏面層の両方より高い熱伝導率を有する中間層を持つ3層基体、の4条件の基体1を用意し(表1参照)、シリコン薄板を成長した。表面層2、中間層4、裏面層3の厚みはそれぞれ、10mm、5mm、10mmとした。(1)~20(4)を通して、表面層2の材質はカーボンとした。裏面層3は、ステンレス鋼と銅を使用した場合の2通りについて検討した。中間層4は、(2)の場合は、裏面層がステンレス鋼の場合は裏面層と、銅の場合は表面層と一体化されている。(3)の場合は、裏面層がステンレス鋼の場合は表面層と、銅の場合は裏面層と一体化されている。(1)の場合は石英を、(4)の場合は、裏面層がステンレス鋼の場合はアルミニウムを、銅の場合は銀を、中間層の材質とした。基体表面の形状は、平坦な円筒側面22とした。

基体表面22直上に、るつぼ6と、るつぼ6のまわりにシリコンを溶融する加熱ヒーターを配する。これらは直方体の装置外壁および断熱材

の中に収納されている（図示せず）。装置内部は、断熱材に囲まれて、内部をアルゴンガス雰囲気下に保持可能にシールされている。

ヒーターによってつぼ6を加熱し、つぼ6内のシリコンを溶融した後、基体1を回転させながら安定させた後、基体表面22に設置した熱

5 電対（図示せず）を用いて基体表面22の温度を測定した。

表3

	裏面層にステンレス鋼を使用したときのシリコン薄板の評価結果			裏面層に銅を使用したときのシリコン薄板の評価結果		
	基体表面の温度（℃）	薄板の板厚（μm）	薄板の結晶粒径（m m）	基体表面の温度（℃）	薄板の板厚（μm）	薄板の結晶粒径（m m）
(1)	1023	238	0.98	847	420	1.86
(2)	944	326	1.47	405	898	1.44
(3)	850	416	1.76	339	968	1.14
(4)	847	428	1.88	342	968	1.06

表3は、本発明における第4の実施例によるシリコン薄板製造方法の
10 基体表面の温度、シリコン薄板の板厚と結晶粒径を示している。基体表面の温度は、熱電対による測定結果である。裏面層にステンレス鋼および銅を使用した場合の(2)と(3)の表面温度の差は、それぞれ約9
5℃および約6.5℃であった。これに対して、裏面層にステンレス鋼および銅を使用した場合の(1)と(4)の表面温度の差は、それぞれ約
15 17.5℃および約50.5℃であった。そのため、実施例1と同様に、3層構造にすることで、熱伝導率をさらに大きく変化させることが可能となり、表面温度を広範囲で制御できることが可能となった。

次に、熱電対を設置していない基体1を回転しながらシリコン融液5、

るつぼ 6 直下に保持し安定させた後、るつぼ 6 を傾動させることでシリコン融液 5 を基体表面 22 に流し込み、1 回転した後にシリコン融液 5 の注湯を終了することで、シリコン薄板を基体表面全体に成長させた。

5 薄板の板厚、平均粒径を測定した。

表 3 に示すように、薄板の板厚は表面温度が低くなるに従い、厚くなる。実施例 1 と同様に、裏面層にステンレス鋼を用いた場合は、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて大きく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。

10 裏面層に銅を用いた場合においては、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて小さく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。

(実施例 5)

実施例 5 の方法は、図 5 に示すように、内部に冷却媒体 7 が通過する
15 中空円筒型の 3 層基体 1 を回転させ、基体表面に向かってシリコン融液 5 が充填されているるつぼ 6 を押し上げることによって回転する基体をシリコン融液に浸漬し、基体表面にシリコン薄板を成長させる方法である。

本実施例では、実施例 1 と同様に、(1) 表面層および裏面層の両方
20 より低い熱伝導率を有する中間層を持つ 3 層基体、(2) 中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が小さい方の層と中間層が一体化された 2 層基体、(3) 中間層と表面層と裏面層のうち熱伝導率が大きい方の層と中間層が一体化された 2 層基体、(4) 表面層および裏面層の両方より高い熱伝導率を有する中間層を持つ 3 層基体、の 4 条件の基体 1 を用意
25 し(表 1 参照)、シリコン薄板を成長した。表面層、中間層、裏面層の厚みはそれぞれ、10 mm、10 mm、5 mm とした。(1) ~ (4) を通して、表面層の材質はカーボンとした。裏面層は、ステンレス鋼と銅を使用した場合の 2 通りについて検討した。中間層は、(2) の場合、裏面層がステンレス鋼の場合は裏面層と、銅の場合は表面層と一体化さ

5 れている。（3）の場合、裏面層がステンレス鋼の場合は表面層と、銅の場合は裏面層と一体化されている。（1）の場合は石英を、（4）の場合は、裏面層がステンレス鋼の場合はアルミニウムを、銅の場合は銀を、中間層の材質とした。基体表面の形状は、平坦な円筒側面22とした。

基体表面22直下に、るっぽ6と、るっぽ6のまわりにシリコンを溶融する加熱ヒーターを配する。これらは直方体の装置外壁および断熱材の中に収納されている（図示せず）。装置内部は、断熱材に囲まれて、内部をアルゴンガス雰囲気下に保持可能にシールされている。

10 ヒーターによってるっぽ6を加熱し、るっぽ6内のシリコンを溶融した後、基体1を回転させながら安定させた後、基体表面22に設置した熱電対（図示せず）を用いて基体表面22の温度を測定した。

表4

	裏面層にステンレス鋼を使用したときのシリコン薄板の評価結果			裏面層に銅を使用したときのシリコン薄板の評価結果		
	基体表面の温度(°C)	薄板の板厚(μm)	薄板の結晶粒径(m m)	基体表面の温度(°C)	薄板の板厚(μm)	薄板の結晶粒径(m m)
(1)	1024	237	0.97	852	420	1.92
(2)	939	322	1.51	413	898	1.43
(3)	854	418	1.82	347	969	1.04
(4)	845	428	1.95	339	967	0.99

15

表4は、本発明における第5の実施例によるシリコン薄板製造方法の基体表面の温度、シリコン薄板の板厚と結晶粒径を示している。基体表面の温度は、熱電対による測定結果である。裏面層にステンレス鋼およ

び銅を使用した場合の（2）と（3）の表面温度の差は約85°Cおよび約65°Cであった。また、裏面層にステンレス鋼および銅を使用した場合の（1）と（4）の表面温度の差は約180°Cおよび約515°Cであった。そのため、実施例1と同様に、3層構造にすることで、熱伝導率をさらに大きく変化させることが可能となり、表面温度を広範囲で制御できることが可能となった。

次に、熱電対を設置していない基体1を回転しながらシリコン融液5直上に保持し安定させた後、るつぼ6を上昇させ、基体1をシリコン融液5に20mm浸漬し、1回転した後にあるつぼ6を引き下げることで、10シリコン薄板を成長させた。雰囲気の温度が室温まで下がるのを待ち、シリコン薄板を取り出した後、薄板の板厚、平均粒径を測定した。

表4に示すように、薄板の板厚は表面温度が低くなるに従い、厚くなる。実施例1と同様に、裏面層にステンレス鋼を用いた場合は、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて大きく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。裏面層に銅を用いた場合においては、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の熱伝導率に比べて小さく設定することによって、結晶粒径が大きいシリコン薄板を得ることが可能である。

（実施例6）

20 実施例1、4、5によって製造されたシリコン薄板を用いて、太陽電池を作製した。作製の手順の一例は、洗浄、テクスチャエッティング、拡散層形成、酸化膜除去、反射防止膜形成、バックエッチ、裏面電極形成、受光面電極形成の順序であり、一般的な手法である。

表5

		表面の温度 (°C)	薄板の結晶粒 径 (mm)	太陽電池の特性 (%)
実 施 例 1	ステンレス	(1) 1022	0. 87	8. 1
		(2) 942	1. 52	11. 5
		(3) 857	1. 73	14. 1
		(4) 842	1. 88	14. 7
	銅	(1) 851	1. 80	14. 6
		(2) 403	1. 43	7. 6
		(3) 340	1. 02	4. 8
		(4) 337	1. 04	5. 0
実 施 例 4	ステンレス	(1) 1023	0. 98	7. 7
		(2) 944	1. 47	11. 7
		(3) 850	1. 76	14. 0
		(4) 847	1. 88	14. 6
	銅	(1) 847	1. 86	14. 2
		(2) 405	1. 44	7. 7
		(3) 339	1. 14	4. 6
		(4) 342	1. 06	4. 5
実 施 例 5	ステンレス	(1) 1024	0. 97	7. 9
		(2) 939	1. 51	11. 6
		(3) 854	1. 82	13. 9
		(4) 845	1. 95	14. 2
	銅	(1) 852	1. 92	14. 6
		(2) 413	1. 43	7. 5
		(3) 347	1. 04	5. 1
		(4) 339	0. 99	5. 1

表5はシリコン薄板製造方法により製造されたシリコン薄板を使用した太陽電池の特性を、ソーラーシミュレータによって測定した結果を示す。実施例1、4、5の(2)、(3)のように、2層構造の基体を用いた場合の太陽電池の変換効率は、平均で9.5%、最高14.1%であったが、(1)のように、裏面層にステンレス鋼を用いた場合においては、中間層の材質を、表面層および裏面層の材質に比べて熱伝導率の高い材質とすることで、平均14.5%、最大14.7%に向上した。また、裏面層に銅を用いた場合、中間層の材質を、表面層および裏面層の材質に比べて熱伝導率の低い材質とすることで、平均14.5%、最大14.6%に向上した。このように、裏面層や表面層の材質などに応じて、中間層の熱伝導率を表面層および裏面層の材質に比べて高く、もしくは低く設定することによって、表面温度を変化させることで、結晶粒径を制御することが可能になったため、基体表面の温度を容易に太陽電池特性にとってもっともよい温度条件に設定することが可能となり、太陽電池特性を大幅に改善できた。

以上より明らかかなように、実施例1～5による本発明によれば、結晶形成物質の薄板を成長させる基体を、3層以上の多層構造とし、各層の材質を選定することで、裏面層および表面層の材質が結晶形成物質と装置によって制限される場合でも、基体の大きさおよび装置構成を変更することなく、基体全体の熱伝導率を変更することが可能であり、基体表面の温度を目的に応じた温度に設定することが可能である。これにより、目的に応じた結晶粒径、板厚を備えた結晶形成物質の結晶薄板を容易に得ることが可能である。実施例6による発明によれば、実施例1～5によって太陽電池などの電子部品に適した結晶粒径の大きい結晶形成物質薄板を製造することによって、電子部品の特性を向上させることが可能である。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも 2 層からなり、一方の層が他方の層と熱伝導率が異なる材質からなる多層構造基体を、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくともいずれか一つを含有する結晶を形成しうる物質の融液に接触させるとともに、基体の温度を制御することで、基体表面に前記結晶を形成しうる物質の結晶を成長させて結晶薄板を得ることを特徴とする結晶薄板の製造方法。
2. 基体が、表面層と裏面層からなる多層構造を有し、表面層と裏面層の材質が、カーボンとステンレス鋼またはカーボンと銅の組み合わせからなる請求項 1 に記載の製造方法。
3. 基体が、表面層、裏面層とこれらに挟まれた少なくとも 1 層以上の中間層からなる多層構造を有し、基体の温度制御が、表面層および裏面層の材質と熱伝導率の異なる材質からなる層を少なくとも 1 層以上含む中間層を有する基体によって行われることを特徴とする請求項 1 に記載の製造方法。
4. 前記中間層が、表面層または裏面層の一方に比べて熱伝導率が低い材質からなる層を少なくとも 1 層以上含むことを特徴とする請求項 3 に記載の製造方法。
5. 前記中間層が、表面層または裏面層の一方に比べて熱伝導率が高い材質からなる層を少なくとも 1 層以上含むことを特徴とする請求項 3 に記載の製造方法。
6. 前記中間層が、それ全体で、表面層または裏面層の一方に比べて熱伝導率が低いことを特徴とする請求項 3 に記載の製造方法。
7. 前記中間層が、それ全体で、表面層または裏面層の一方に比べて熱伝導率が高いことを特徴とする請求項 3 に記載の製造方法。
8. 表面層、中間層および裏面層の材質が、カーボン、石英およびステンレス鋼の組み合わせ、カーボン、アルミニウムおよびステンレス鋼の組み合わせ、カーボン、石英および銅の組み合わせ、カーボン、銀およ

び胴の組み合わせから選択される請求項 3 に記載の製造方法。

9. 基体の温度制御が、前記材質の層厚を変えることにより行われる請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の製造方法。

10. 結晶を形成しうる物質がシリコンである請求項 1 ~ 9 のいずれか 5 1 つに記載の製造方法。

11. 請求項 1 ~ 10 の少なくともいずれか一つに記載の結晶薄板の方法によって製造された結晶薄板。

12. 請求項 11 の結晶薄板を用いて製造された太陽電池。

図 1

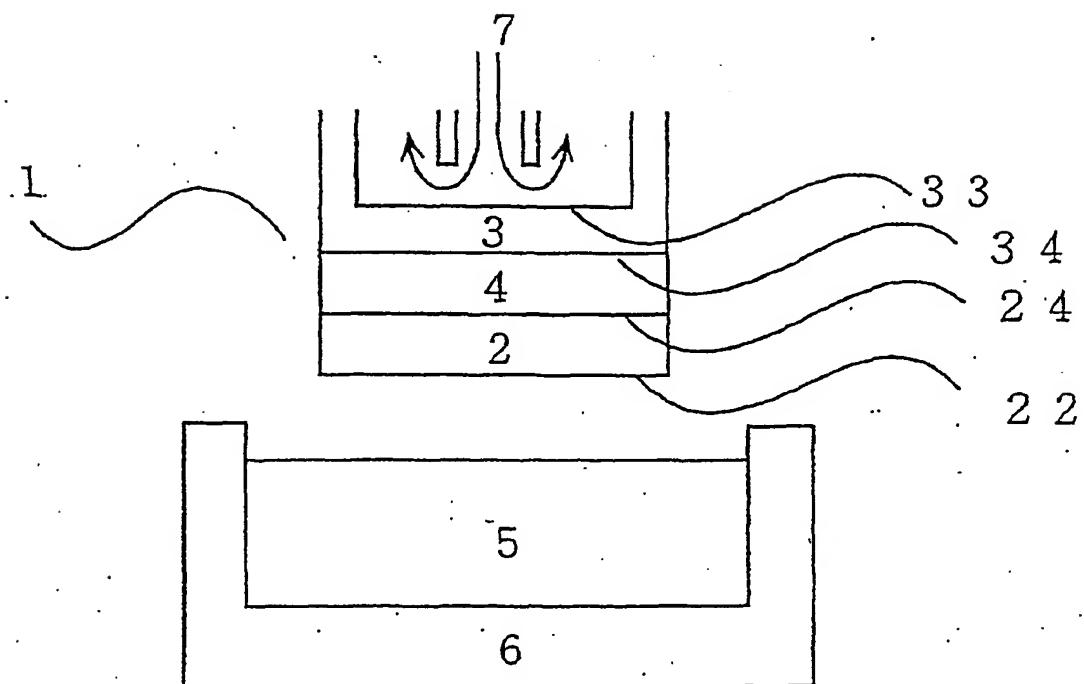


図 2

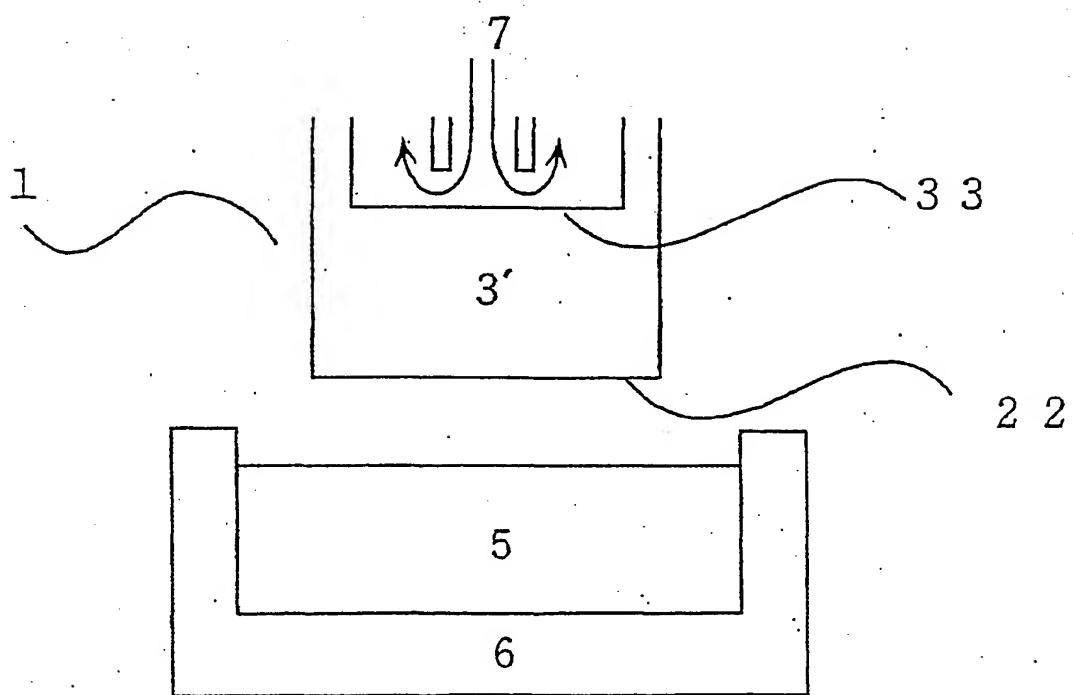


図 3

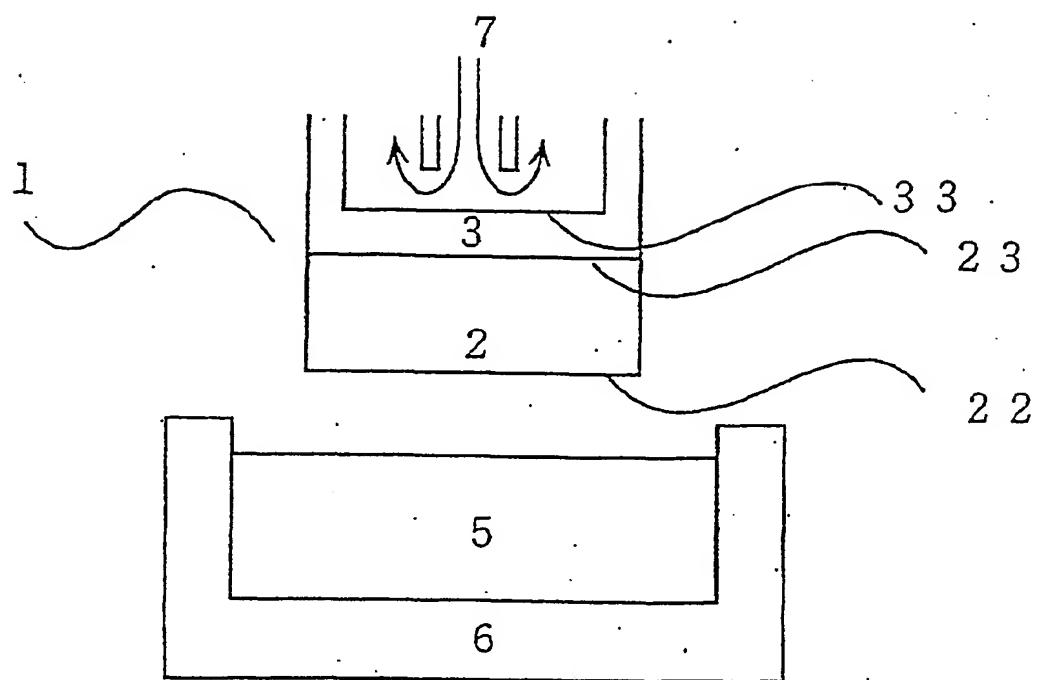


図 4

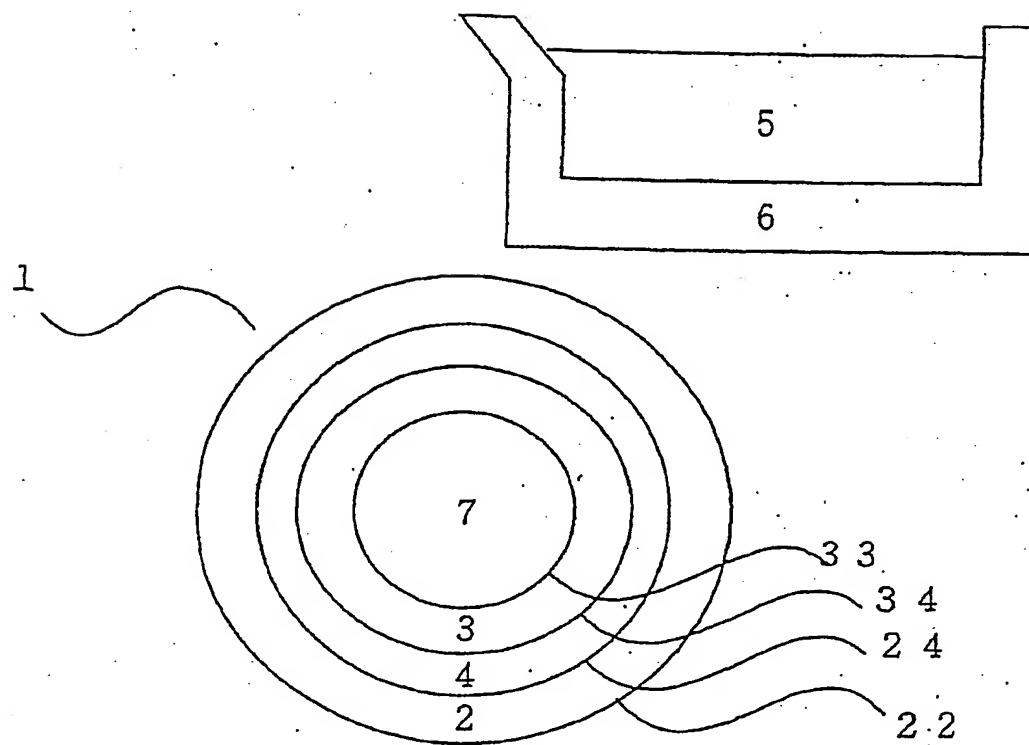


図 5

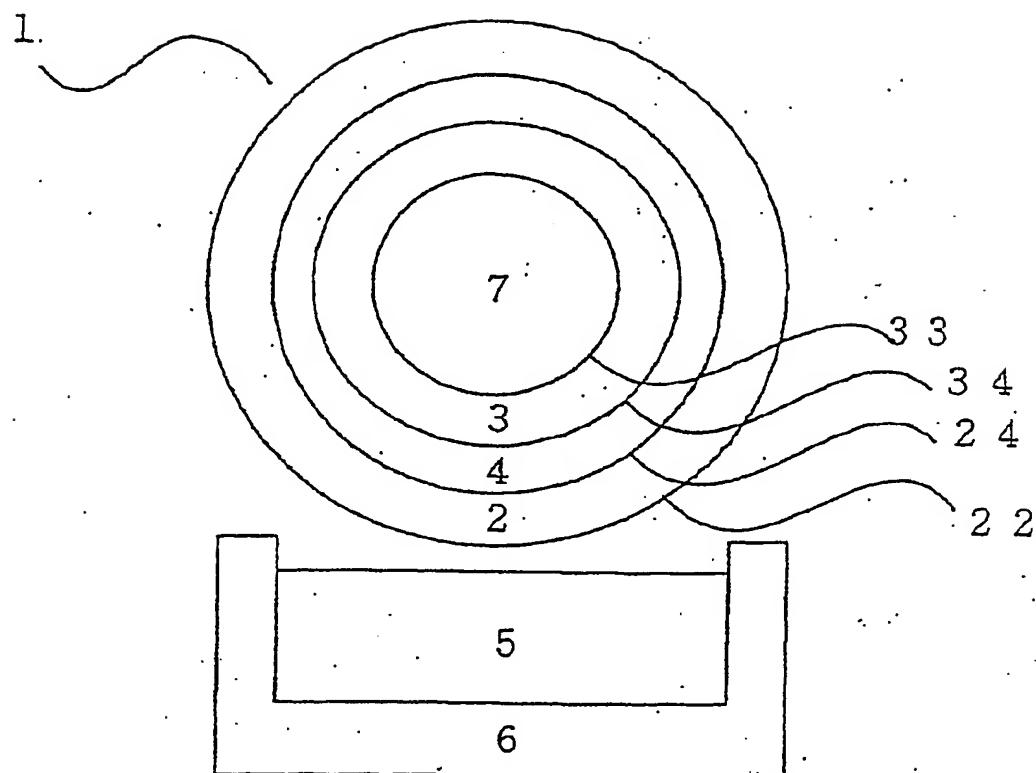


図 6

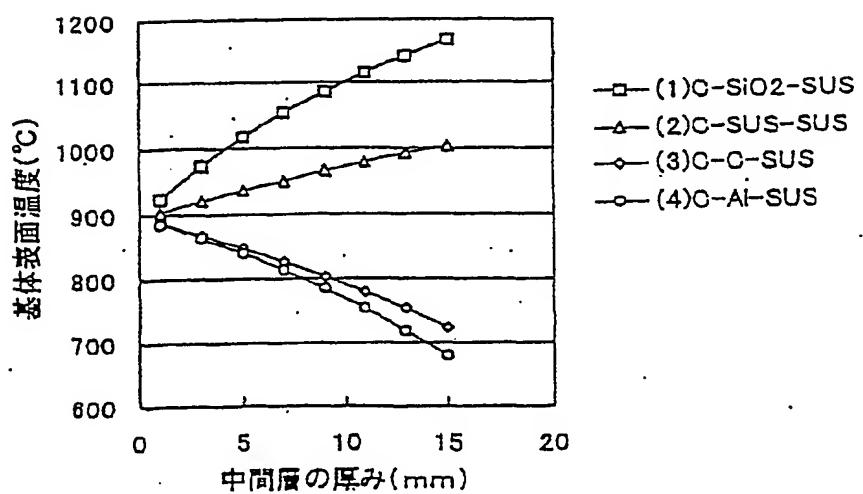


図 7

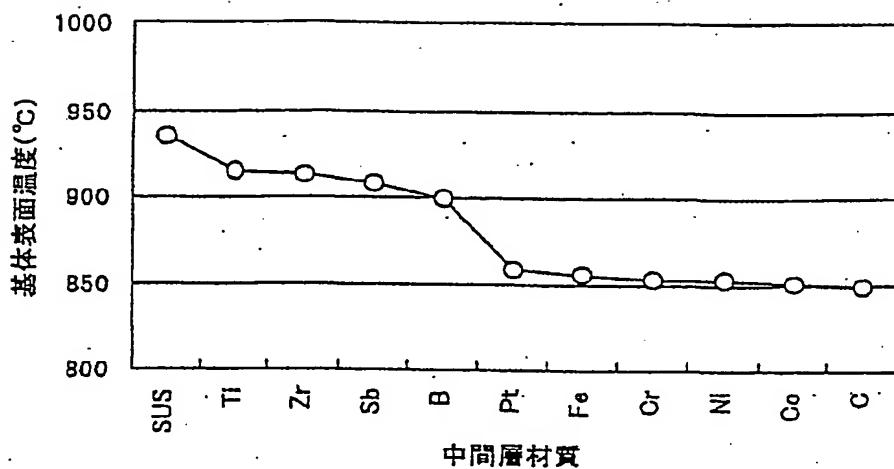
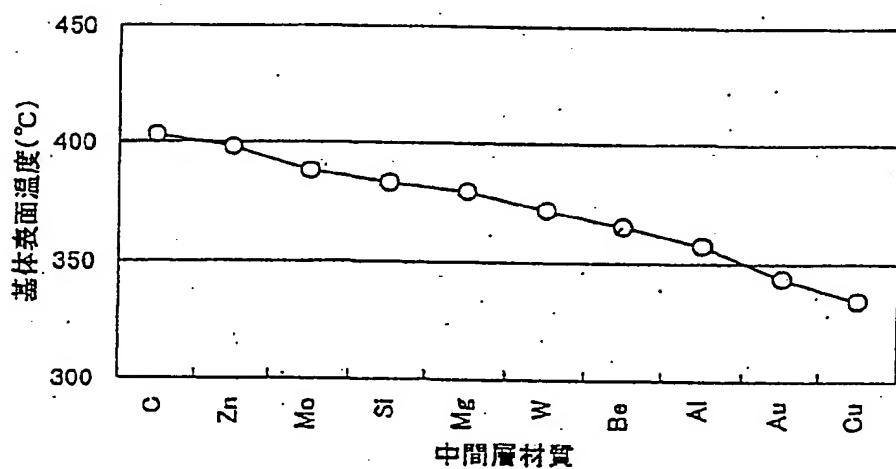


図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl' C30B19/12, C01B33/02, H01L21/208, H01L31/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl' C30B1/00-35/00, C01B33/02, H01L21/208, H01L31/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
CAS ONLINE, JICST FILE on Science and Technology

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 61-275119 A (Kawasaki Steel Corporation), 05 December, 1986 (05.12.86), Claims; page 2, lower left column, line 7 to lower right column, line 8 (Family: none)	1-2,9-12
X	JP 62-79616 A (TDK Corporation), 13 April, 1987 (13.04.87), Claims; page 2, upper left column, line 14 to lower left column, line 17 (Family: none)	1-2,9-12
X	JP 9-110591 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 28 April, 1997 (28.04.97), Claims; Par. Nos. [0009], [0013] to [0015] (Family: none)	1-2,9-12
A	JP 6-64913 A (Daido Hoxan Inc.), 08 March, 1994 (08.03.94) (Family: none)	1-12
A	JP 10-29895 A (Sharp Corporation), 03 February, 1998 (03.02.98) (Family: none)	1-12

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "B" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 August, 2001 (23.08.01)Date of mailing of the international search report
04 September, 2001 (04.09.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/06760

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C30B19/12, C01B33/02, H01L21/208, H01L31/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C30B1/00-35/00, C01B33/02, H01L21/208,
H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CAS ONLINE, JICST科学技術文献ファイル

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 61-275119 A (川崎製鉄株式会社) 5.12月.1986 (05.12.86) 特許請求の範囲、第2頁左下欄第7行-右下欄第8行 (ファミリーなし)	1-2, 9-12
X	JP 62-79616 A (ティーディーケイ株式会社) 13.4月.1987 (13.04.87) 特許請求の範囲、第2頁左上欄第14行-左下欄第17行 (ファミリーなし)	1-2, 9-12

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.08.01

国際調査報告の発送日

04.09.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三崎 仁



4G 2927

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X	JP 9-110591 A (信越化学工業株式会社) 28.4月.1997 (28.04.97). 特許請求の範囲, 【0009】 , 【0013】 - 【0015】 (ファミリーなし)	1-2, 9-12
A	JP 6-64913 A (大同ほくさん株式会社) 8.3月.1994 (08.03.94) (ファミリーなし)	1-12
A	JP 10-29895 A (シャープ株式会社) 3.2月.1998 (03.02.98) (ファミリーなし)	1-12